

Секція: Економіка підприємства

**Білоцерківський О.Б.**

*доцент кафедри фінансів*

*Національного технічного університету*

*«Харківський політехнічний інститут»*

*м. Харків, Україна*

## **ВИКОРИСТАННЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ**

Система теплопостачання складається з джерела теплоти, теплової мережі, вузлів управління, транспортування та розподілу теплоти (насосні перекачувальні станції, теплові пункти тощо) та систем споживання теплоти [1, с. 18]. Основне призначення будь-якої системи теплопостачання полягає в забезпеченні споживачів необхідною кількістю теплоти необхідної якості (тобто теплоносієм необхідних параметрів) [2, с. 78]. Розподілення теплоти через розгалужену систему трубопроводів від джерела теплоти до споживачів називають централізованим теплопостачанням [1, с. 7]. У системах централізованого теплопостачання джерело теплоти та теплоприймачі споживачів розміщені роздільно, часто на значній відстані, тому теплота від джерела до споживачів передається по теплових мережах [2, с. 78].

В сучасних умовах системи централізованого теплопостачання в країнах Північної Європи досягають рівня 60 %, а в країнах СНД – 80% від всіх систем, що подають теплоту до житлових та виробничих приміщень в містах та населених пунктах. В Україні одна з найвищих у світі насиченість міст тепловими мережами. Загальна протяжність теплопроводів в нашій державі становить близько 47 тис. км у двотрубному обчисленні. На балансі підприємств комунальної теплоенергетики України перебуває 20,8 тис. км теплових мереж у двотрубному обчисленні діаметром від 50 до 800 мм. На сьогоднішній день загальні втрати теплової енергії в діючих мережах систем

централізованого теплопостачання становлять в середньому 30 %. а у деяких регіонах досягають 40 %. Термін безаварійної експлуатації таких теплових мереж не перевищує 10–15 років. Зазначені обставини значною мірою є причиною того, що в Україні витрати теплоти на опалення об'єктів рівної площі в 2-3 рази більші, ніж у країнах Західної Європи.

Ефективним засобом дослідження ефективності використання теплової енергії є економіко-математичне моделювання. Хоча економіко-математична модель і відрізняється за своєю природою від оригіналу, проте дослідження властивостей оригіналу за її допомогою зручніше, дешевше, потребує менше часу порівняно з фізичним моделюванням, яке використовується в техніці (тобто має ту ж природу, що і оригінал) [3, с. 5]. Оптимізаційна модель дозволяє з декількох альтернативних варіантів вибрати найкращий варіант за будь-якою ознакою [3, с. 5]. Економіко-математична модель оптимізаційної задачі містить цільову функцію, обмеження та граничні умови. Цільова функція виражає критерій оптимальності, у якості якого найчастіше приймається економічний критерій, що являє собою мінімум витрат (фінансових, енергетичних, сировинних, трудових) на реалізацію поставленої задачі.

Є.Я. Соколов вважає, що при розв'язуванні оптимізаційних задач у теплоенергетиці необхідно враховувати такі особливості [2, с. 418]:

1) дискретність і цілочисельність результатів оптимізаційного розрахунку, оскільки кількість і одинична потужність турбін, казанів і іншого устаткування можуть виражатися тільки цілими числами;

2) нелінійність, що викликається наявністю багатьох нелінійних залежностей, наприклад, значення капіталовкладень в теплові мережі від теплової потужності джерела теплоти і щільності теплового навантаження;

3) динаміку, тобто розвиток системи теплопостачання з урахуванням зростання теплових навантажень.

Для оптимізації теплофікаційних систем у вітчизняній практиці розроблено комплекс математичних методів і моделей, основні з яких [2, с.419]:

а) модель розвитку ТЕЦ, що дозволяє визначити оптимальну одиничну потужність ТЕЦ, склад і терміни введення основного устаткування;

б) модель розвитку котельних, що дозволяє знаходити оптимальну кількість і одиничну потужність казанів за термінами введення з урахуванням поступовості зростання теплового навантаження;

в) модель оптимізації магістральних теплових мереж, що дозволяє визначати оптимальний варіант розвитку теплових мереж з урахуванням динаміки зростання теплових навантажень.

Л.С. Хрильов, І.А. Смирнов виділяють такі характерні особливості задач оптимізації систем теплопостачання [4, с. 19]:

1) складність і різноманіття зовнішніх і внутрішніх взаємозв'язків;

2) необхідність урахування чинника часу, що визначається властивостями систем теплопостачання;

3) неоднозначність більшої частини початкової інформації, що використовується при оптимізації систем теплопостачання, що зростає по мірі збільшення тривалості розрахункового періоду;

4) відповідність допустимої точності розв'язання задач, а, отже, і точності методів, що розробляються, з точністю показників, що враховуються.

Задача оптимізації систем теплопостачання представляє велику методичну складність у зв'язку з тим, що ці системи безперервно розвиваються в часі і характеризуються багатофакторною залежністю економічних показників як від схеми, типу устаткування і режиму роботи системи централізованого теплопостачання, так і від структури устаткування і режиму роботи енергетичної системи в цілому. Зміна основних початкових показників за роками розрахункового періоду ще більше ускладнює задачу і робить необхідним проведення багатоваріантних розрахунків, що практично можливо тільки при застосуванні методів математичного моделювання за допомогою комп'ютерних програм.

Відповідно до загальноприйнятої ще в Радянському Союзі методики техніко-економічних розрахунків в енергетиці [2, с. 420, 4, с. 20, 5, с. 91] при

оптимізації систем теплофікації і центрального теплопостачання у якості критерію оптимізації приймаються приведені витрати, що визначаються за такими формулами:

1) при статичній постановці задачі, коли спорудження і освоєння продуктивності енергетичних об'єктів, що входять в систему теплопостачання, здійснюються протягом одного року і в подальшому їх показники залишаються незмінними, тобто коли не враховується поступовість зростання теплових і електричних навантажень міста або промислового центру за роками розрахункового періоду:

$$B = E_n K + S, \quad (1)$$

де  $K, S$  – відповідно сумарні капіталовкладення і експлуатаційні витрати, грн.;  $E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності, прийнятий для енергетики рівним 0,12;

2) при динамічній постановці задачі, коли розглядається розвиток системи теплопостачання протягом заданого періоду і враховуються зміни по роках цього періоду рівнів тепло- і електроспоживання міста або промислового центру і різночасність капіталовкладень в споруджуванні об'єкти цієї системи:

$$B = E_n \sum_{t=1}^T (\Delta K^t + S^t) (1 + E_{n,n})^{T-t} + S_{n,э}, \quad (2)$$

де  $\Delta K^t, S$  – відповідно капіталовкладення і експлуатаційні витрати для  $t$ -го року, грн.;  $S_{n,а}$  – експлуатаційні витрати в рік нормальної експлуатації, грн.;  $E_{n,п}$  – нормативний коефіцієнт приведення, рівний 0,08;  $T$  – тривалість розрахунковою періоду і одночасно рік приведення витрат.

За наявності ряду варіантів розвитку системи теплофікації і централізованого теплопостачання вибір оптимального з них проводиться за мінімумом приведених витрат

$$B = \min(B_i); i = \overline{1, J}, \quad (3)$$

де  $B_i$  – приведені витрати для  $i$ -го варіанту розвитку системи теплопостачання, грн.;  $J$  – число даних варіантів.

У ряді випадків при порівнянні різних варіантів розвитку системи теплопостачання за значенням приведених витрат може виявитися, що в цих варіантах деякі з даних об'єктів залишаються незмінними як за своєю продуктивністю, так і за термінами спорудження. Тому відповідні витрати можна вважати за постійні ( $B_p$ ) і при порівнянні варіантів не враховувати в сумарних витратах, необхідних на розвиток системи теплопостачання. Тоді формула (3) прийме такий вигляд:

$$\Delta B = B - B_p = \min(\Delta B_i); i = \overline{1, J}. \quad (4)$$

Такий методичний прийом зазвичай використовується в енергетичних розрахунках. Він дозволяє більш обґрунтовано вибрати оптимальне рішення, особливо в тих випадках, коли ці варіанти містять істотну частку постійних витрат і в той же час близькі за величиною до сумарних витрат.

Отже, розглянуто сучасний стан систем теплопостачання в Україні, наведено особливості економіко-математичного моделювання цих систем, основні види економіко-математичних моделей для оптимізації теплофікаційних систем та розрахунків приведених витрат при різних постановках оптимізаційних задач.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Єнін П.М., Швачко Н.А. Теплопостачання (частина I “Теплові мережі та споруди”). Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2007. – 244 с.
2. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472 с.
3. Білоцерківський О.Б. Економіко-математичне моделювання: текст лекцій / О.Б. Білоцерківський, Н.В. Ширяєва, О.О. Замула. – Х.: НТУ «ХП», 2010. – 108 с.
4. Хрилев Л.С., Смирнов И.А. Оптимизация систем теплофикации и централизованного теплоснабжения / Под ред. Е.Я. Соколова. – М.: Энергия, 1978. – 264 с.
5. Ширакс З.Э. Теплоснабжение: пер. с латыш. – М.: Энергия, 1979. – 256 с.